

# 電解加熱による溶接法 (第2報)

松 岡 陽 三\*      藤 田 哲 男\*\*  
 福 本 紘\*\*\*

On the Welding by means of Electrolytic Heating II.

Yozo MATSUOKA,      Tetsuo FUZITA  
 Hiroshi FUKUMOTO

(Received 31 March, 1966)

From the results obtained in the previous paper (1), it seems better to utilize the 2-steps heating operation. In this paper the experimental results of the operation applied to butt welding are described.

This welding process has following merits ;

1. the apparatus are simpler than in other welding processes,
2. it is possible to weld in non-oxidated state.
3. it is easy to normalize the metallurgical structure of the welded portion.

Of course a few defects are found of this welding process, and authors discussed these defects to some extent.

## 1 緒 言

著者らは第1報において電解加熱に影響をおよぼす種々の因子について実験した。その結果加熱に最適な条件を見いだすとともに電解液の状態、印加電圧、その他が加熱作用にどのような影響をおよぼすかを知った。ここではその結果を利用して突き合せ溶接を行なったとき、それらの加熱条件が溶接にどのような影響を与えるか、また、本法によって溶接を行なった結果生ずる種々の問題に対しそれを改良するための方法について実験した。

## 2 電解加熱による溶接装置および溶接方法

### 2・1 溶接装置および試験片

図-1は本実験に用いた装置の略図である。

第1報の実験と同じように電解槽中における電解液の濃度および液温、液面の高さを一定に保つため、つねに電解液補充槽から一定濃度、一定温度の液を補充して電解槽からあふれるようにしてある。陽極板は十分な表面積をもつことと腐蝕されないことを考慮して

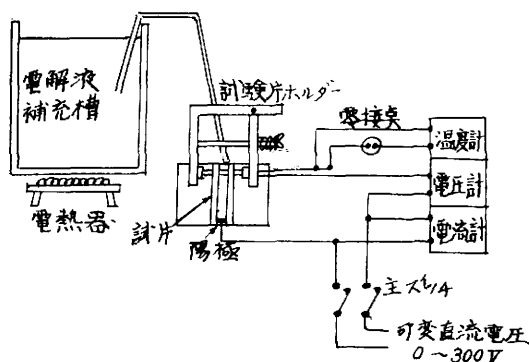


図-1 装置略図

60mm×40mm (厚さ 0.3mm) のニッケル板を用いた。電解槽は突き合せ溶接を行ない易いように図-2に示すような形にした。試験片受けHは相当加熱されるおそれがあるので本実験ではコンクリート製のものを使用した。試験片ホルダー(図-3)は試片を支えるとともに溶接面に適当な圧力を与えるためのもので、これはバネで調整できるようになっている。電源にはモータ

\*教授 \*\*助手 \*\*\*研究生

ージエネレーターを使用し、その回転数を変えてDC 50~300V の範囲内で自由に電圧を選ぶことができるようにした。

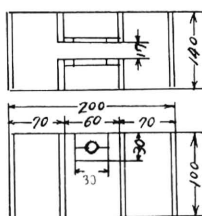


図-2 電 解 槽

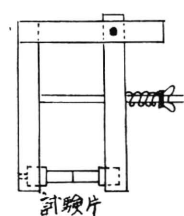


図-3 試験片ホルダー

試片には図-4に示すような熱電対挿入穴を設けたA型と穴のないB型を作り、温度測定を必要とするときはAとBの組合せを、必要としないときはBとBの組合せを用いた。

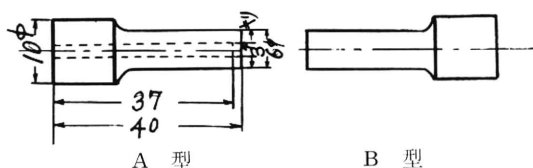
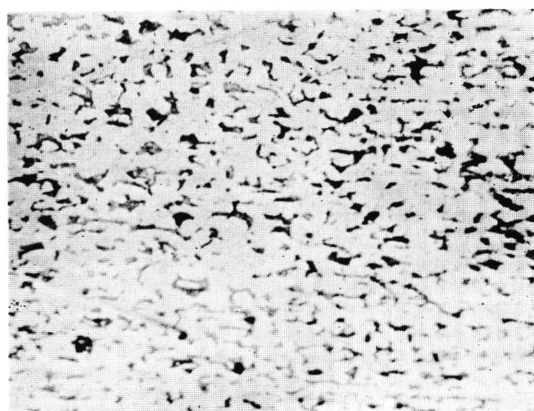


図-4 試 験 片

材質 S10C 引抜鋼 引張強さ 60kg/mm<sup>2</sup>

なお、試片の材質はS10Cの引抜丸鋼で、引張強さ60kg/mm<sup>2</sup>、顕微鏡組織は図-5のごときものである。

図-5 試験片素材顕微鏡写真 (×200)  
S10C

## 2.2 実 験 方 法

電解加熱によって溶接を行なうとき電解液の種類、濃度、温度や溶接条件など種々の因子が関係を有するが本実験では便宜上次の量を一定として選んだ。

### 1) 電解液の種類

第1報の実験において述べたような利点を有するNa<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>の水溶液を用いた。

### 2) 浸漬深さおよび浸漬幅

図-6のように浸漬深さ(液面より試片上部までの距離)は10mm、浸漬幅は10mmとした。なお、絶縁テープおよびパテを補助的に用いて電解液の漏れなどによって浸漬幅以外の部分が加熱されるのを防ぐようにした。

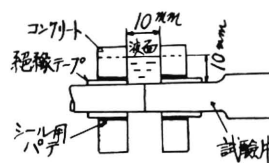


図-6 試片押入部

### 3) 溶接面の加圧力

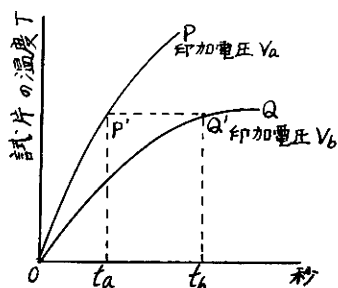
前項の試験片ホルダーにより溶接面には0.73kg/mm<sup>2</sup>の圧力が加わるようにパネで調整した。

実験はまず、加熱開始点以上の高電圧(第1次電圧V<sub>1</sub>)で適当時間(第1次通電時間t<sub>1</sub>)加熱したのち、印加電圧をすみやかに放電維持最低電圧以上の適当な値(第2次電圧V<sub>2</sub>)に切り換え適当時間(第2次通電時間t<sub>2</sub>)加熱して溶接を終了するようにした。このように二段加熱法を採用したのはつぎの理由による。

すでに第1報で述べたごとく第1次電圧を加熱開始点以上に選べば、はやく陰極に気噴ができて加熱が開始されるので電力的時間的ロスが少ない。しかし、この電圧で溶接を行なえば加熱速度が大きいため操作を誤ると溶融する危険があり、溶接温度に達するまでの時間がきわめて短いのでその選択が困難となる。加熱が開始されたのち印加電圧を低電圧V<sub>2</sub>に切りかえればV<sub>2</sub>は放電維持最低点電圧までさげることができ、溶接時の加熱速度および温度を自由に選ぶことができる。すなわち、図-7は試片の温度と通電時間の関係を印加電圧をパラメータにとって示したものであるが、高電圧V<sub>a</sub>を第1次電圧に選びt<sub>a</sub>秒だけ加熱すると加熱はOP線上にそってP'点まで上昇する。ここでV<sub>a</sub>より低いV<sub>b</sub>に切り換えると加熱はOQ線の上にQ'からのりうつることになり初めからV<sub>b</sub>で加熱するよりP'→Q'間の時間だけ短かくてすむ。

## 3 電解溶接におよぼす諸因子の影響

第1報で印加電圧、電解液の濃度、温度などが加熱

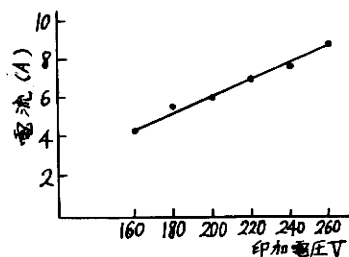


図一七 試片の温度と通电時間の関係

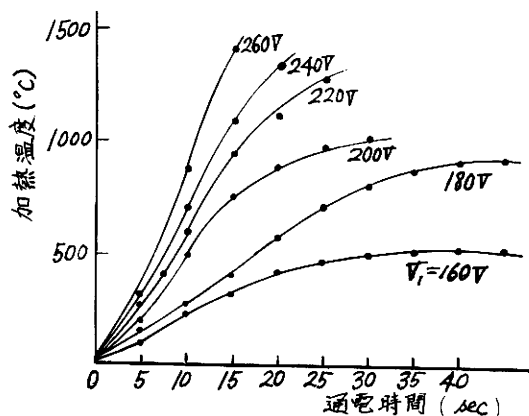
機構におよぼす影響を論じ、その最適条件をみいだしたが、ここでは溶接の見地から影響が最も大きいと見られる第1次通电、第2次通电の影響を解明し、電解液の濃度、温度がどのように影響するかを論じその最適条件を決定した。

### 3・1 第1次通电が溶接状態におよぼす影響

図一1のような電解溶接装置において、ある電圧を印加した場合、電圧Vと電流Aの関係を示すと図一8のようになり、図一9は印加電圧をパラメーターにしたとき試片の温度Tと通电時間tとの関係を示したものである。

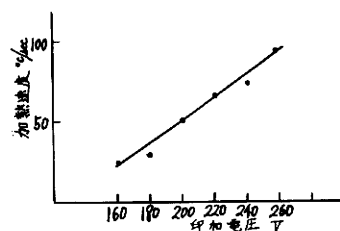


図一八 印加電圧と電流の関係  
 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 10%溶液、液温60°C

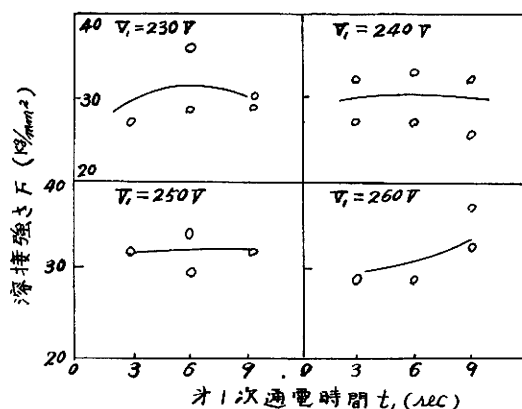


図一九 試片温度と通电時間の関係  
 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 10%溶液、液温60°C

試片の温度は時間がたつにつれて飽和する傾向にあり、印加電圧Vと電圧印加後5秒間の平均加熱速度の関係を示すと図一10のようになる。これらの図が示すように印加電圧が高いほど電流値は大きくなり消費電力は増すが、加熱速度が大きいと熱の拡散が少なく局部加熱が可能で全体としてのロスは少なくなる。よって印加電圧はこの意味においては高い方がよいが、あまり高くすると後にのべるように種々の欠かんを生ずる。



図一十 印加電圧と加熱速度（はじめの10秒間の平均）の関係  
 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 10%溶液、液温60°C



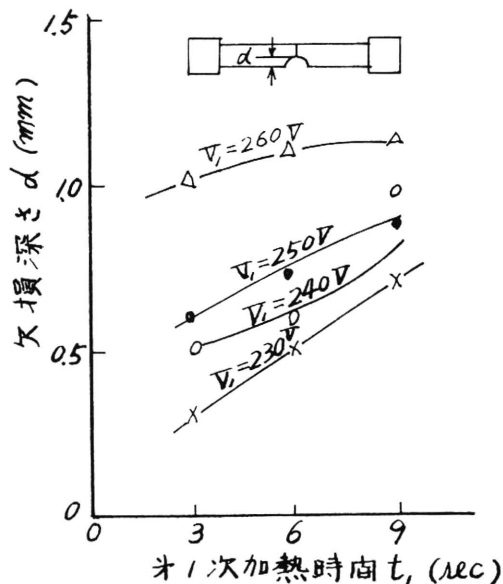
図一十一 第1次通电時間と溶接強さの関係  
 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 10%溶液、液温60°C  
 $V_2=210\text{V}$ ,  $t_2=20\text{sec}$ .

図一11は  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  10% 溶液、液温60°Cの電解液を用い、第2次電圧 $V_2$ を210V、第2次通电時間 $t_2$ を20secにした場合、第1次電圧 $V_1$ をパラメーターにとって溶接強さFと第1次通电時間 $t_1$ の関係を示したものである。溶接強さFのみからみれば第1次通电は電圧 $V_1$ 、通电時間 $t_1$ ともほとんど影響しないようである。しかるに電解加熱によって溶接を行なうと、図一12に示すように溶接面下部が欠損することが多くなり、その欠損深さdと第1次加熱時間 $t_1$ との関係を第1次電圧 $V_1$ をパラメーターにとって図示した図

—13を見ると、明らかに第1次電圧  $V_1$  が高いほど、また、第1次通電時間  $t_1$  の長いほど欠損量の多いことがわかる。

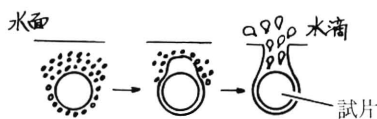


図—12 溶接下部の欠損写真



図—13 第一次加熱時間と欠損深さとの関係  
 $V_2 = 210V$ ,  $t_2 = 20\text{sec}$

これは図—14に示すように試片の上部では水素ガスや水蒸気が試片から離れようとして気膜が不安定となり、ときには試片上部が大気に露出することがあって加熱は阻害されるが、試片下部では加熱が行なわれやすく上部がまだ溶接温度に達しないうちに下部は溶融状態となって溶けおちることによるのである。よって電圧が高いほどまた通電時間が長いほど温度差が大きくなって欠損量が増加する。



図—14 陰極周囲の気膜の状態

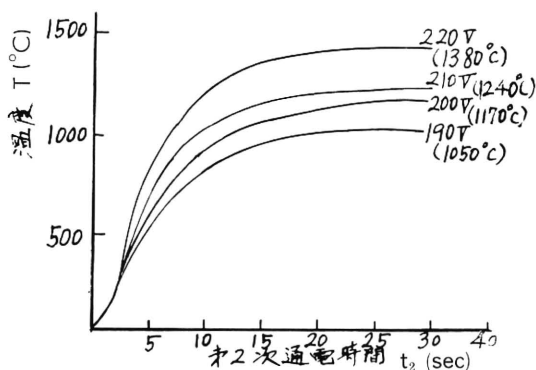
以上のことを考慮して第一次通電を比較的欠損量が小さく溶接強さ  $F$  もそこなわない範囲で、できるだけ高電圧、長時間に選ぶことが必要でこの実験結果から  $V_1 = 240V$ ,  $t_1 = 5\text{sec}$  が最適と判断し、以下第1次通

電にはこの値を採用する。

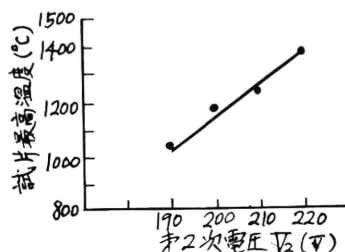
### 3・2 第2次通電が溶接状態におよぼす影響

第1次通電は加熱開始点をとびこえさせる目的で加えられるもので、第2次通電はこれについて試片を溶接温度に達せしめ溶接が完全に行なわれるようにする目的で加えられるものである。

まず、前項の結果から  $V_1 = 240V$ ,  $t_1 = 5\text{sec}$  を一定として  $\text{Na}_2\text{CO}_3 10\%$  溶液、液温  $60^\circ\text{C}$  の電解液を用いて、試片の温度  $T$  と第2次通電時間  $t_2$  の関係を図示すると図—15のごとくである。



図—15 試片温度と第2次通電時間の関係  
 $\text{Na}_2\text{CO}_3 10\%$  溶液、液温  $60^\circ\text{C}$   
 $V_1 = 240V$ ,  $t_1 = 5\text{sec}$



図—16 第2次電圧と試片最高温度  
 $\text{Na}_2\text{CO}_3 10\%$  溶液、液温  $60^\circ\text{C}$   
 $V_1 = 240V$ ,  $t_1 = 5\text{sec}$

また、通電しはじめて30秒後の試片温度（試片最高温度）と第2次電圧  $V_2$  の関係を示すと図—16のようになる。熱電対温度計の指示はこのように低いにもかかわらず190V以外のものは実際には表面で溶融している。これは熱伝達の時間おくれのためである。また、第2次電圧が220V以上では、加熱速度がほとんど第1次通電と同じ位に大きくなるので不適であり190V以下では最高温度が低いために不適である。よってこの間の範囲のみで実験を行なった。

図—17は同じ実験条件で引張強さ  $F$  と第2次電圧

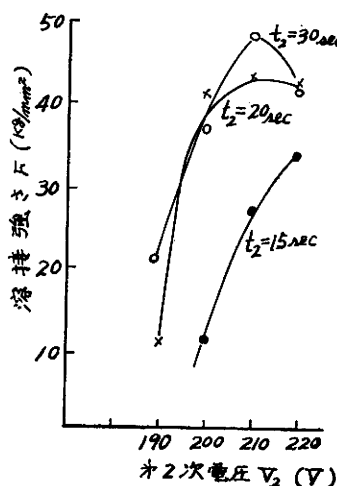


図-17 第2次電圧と接強さの関係  
 $\text{Na}_2\text{CO}_3$  10% 溶液, 液温  $60^\circ\text{C}$   
 $V_1 = 240\text{V}$ ,  $t_1 = 5\text{sec}$

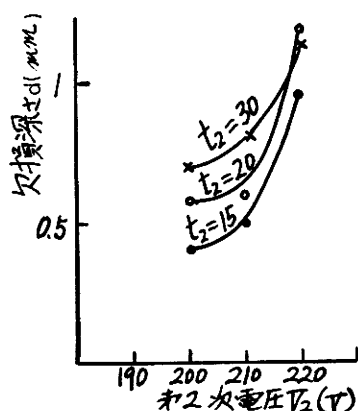


図-18 第2次電圧が欠損深さにおよぼす影響  
 $\text{Na}_2\text{CO}_3$  10% 溶液, 液温  $60^\circ\text{C}$   
 $t_1 = 5\text{sec}$

$V_2$  の関係を第2次通电時間  $t_2$  をパラメーターとして示したものである。第2次通电時間  $t_2$  が短い (15 sec) ときは第2次電圧が高いほど引張強さ  $F$  は大きくなっており, このことは電解加熱の理論により電圧が高いほど加熱されやすいためと考えられるが, 第2次通电時間  $t_2$  を長く (30 sec) とすると引張強さ  $F$  は極大値をもつようになる。これは 200V ではまだ完全に溶接されず 220V では溶接面の欠損が多いことと過熱しすぎて金属組織が乱れることによるのであろう。

一方, 同じ実験から欠損量  $d$  と第2次電圧  $V_2$  の関係を示した図-18を見ると欠損量は電圧が高いほど急に増加している。

図-19は  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  10% 溶液, 液温  $60^\circ\text{C}$  の電解液で

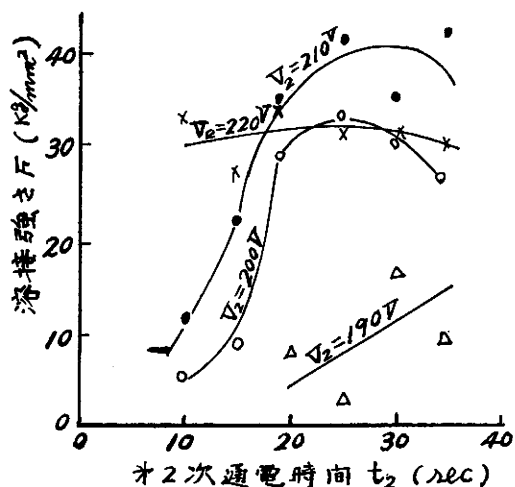


図-19 第2次通电前間と溶接強さとの関係  
 $\text{Na}_2\text{CO}_3$  10% 溶液, 液温  $60^\circ\text{C}$   
 $V_1 = 240\text{V}$ ,  $t_1 = 5\text{sec}$

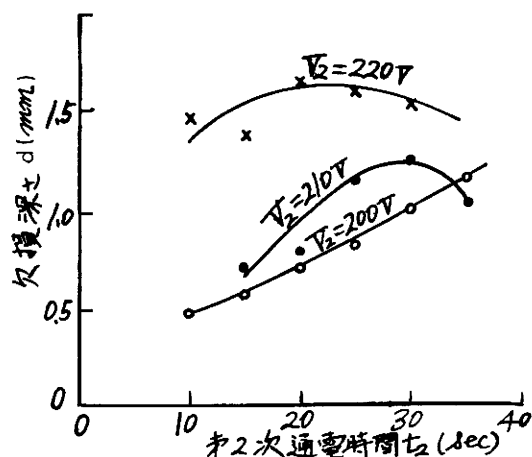


図-20 欠損さと第2次通电時間との関係  
 $\text{Na}_2\text{CO}_3$  10% 溶液, 液温  $60^\circ\text{C}$   
 $V_1 = 240\text{V}$ ,  $t_1 = 5\text{sec}$

$V_1 = 240\text{V}$ ,  $t_1 = 5\text{sec}$  を一定としたときの引張強さ  $F$  と第2次通电時間  $t_2$  の関係を, また図-20は溶接部の欠損深さ  $d$  と第2次通电時間  $t_2$  の関係を第2次電圧  $V_2$  をパラメーターにとって示したものである。

第2次電圧  $V_2$  が 190V ではほとんど溶接されなかったが 220V 以上では溶接されるようになり高電圧ほど早く溶接されている。溶接強さ  $F$  は時間に対して極大値をもっているが, これは欠損深さが時間とともに増加することと溶接部の金属組織が乱れることによるのである。

これらの実験結果から適当なる第2次通电としては

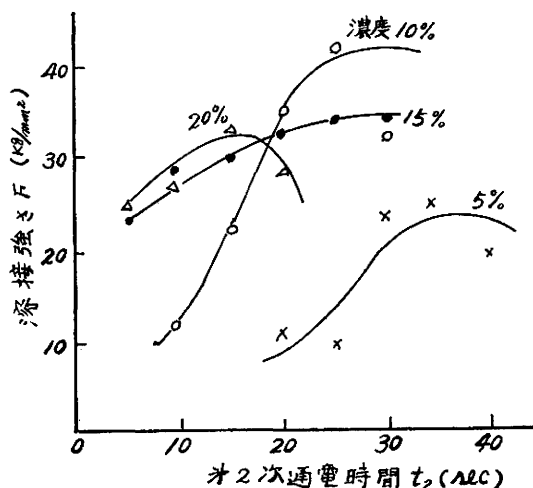


図-21 溶接強さと第2次通電時間の関係  
 $\text{Na}_2\text{CO}_3$  10% 溶液, 液温  $60^\circ\text{C}$   
 $V_1=240\text{V}$ ,  $V_2=210\text{V}$ ,  $t_1=5\text{sec}$

$V_2=210\text{V}$ ,  $t_1=20\text{ sec}$  にとるのが溶接強さ  $F$  をそこなうことなく, また比較的欠損量も少ないので良好と思われる。

### 3・3 電解液濃度が溶接状態におよぼす影響

図-21は  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  の水溶液を電解液とし液温  $60^\circ\text{C}$  において  $V_1=240\text{V}$ ,  $t_1=5\text{ sec}$ ,  $V_2=210\text{V}$  を一定として濃度を種々にかえたとき溶接強さ  $F$  と第2次通電時間  $t_2$  の関係を示すものであり図-22は同じ実験から溶接下部の欠損量  $d$  と第2次通電時間  $t_2$  との関係を示したものである。

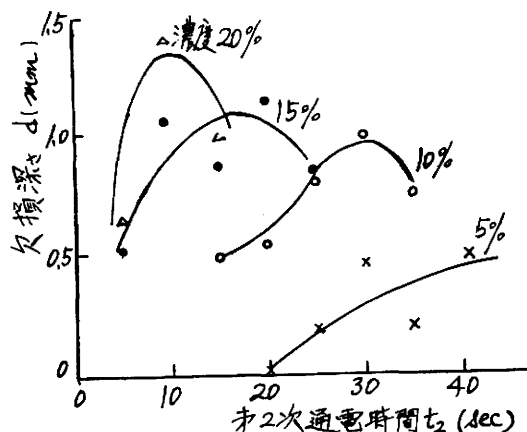


図-22 欠損深さと第2次加熱時間の関係  
 $\text{Na}_2\text{CO}_3$  10% 溶液, 液温  $60^\circ\text{C}$   
 $V_1=240\text{V}$ ,  $t_1=5\text{sec}$ ,  $V_2=210\text{V}$

濃度が増加すれば電解液の抵抗が減って加熱されや

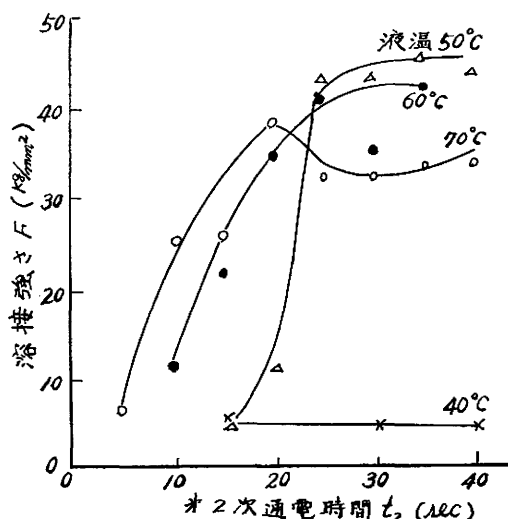


図-23 液温が溶接強さにおよぼす影響  
 $\text{Na}_2\text{CO}_3$  10% 溶液  
 $V_1=240\text{V}$ ,  $t_1=5\text{sec}$ ,  $V_2=210\text{V}$

すくなる。したがって, 溶接は時間的に早く行なわれるが欠損量  $d$  も著しく増加し試片の形状が悪くなる。これは濃度の増加とともに水素の発生量が多くなり, 試片上部と下部では気膜の状態が異なって加熱速度の差が大きくなることによるのである。欠損深さ  $d$  は第2次通電時間  $t_2$  に対して各々極大値をもっているが, これは下部が急速に欠け, つぎに上部が軟化してくるとバネ圧でおしつぶされて下部の凹みをうめるためである。最高溶接強さ  $F$  が濃度10%の場合に最も大きいのは金属結合が良好で欠損による断面積の減少も少ないためである。

以上のことから電解液の濃度は10%が最適と思われる。

### 3・4 電解液液温が溶接状態におよぼす影響

図-23は  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  10% の電解液で,  $V_1=240\text{V}$ ,  $t_1=5\text{ sec}$ ,  $V_2=210\text{V}$  を一定としたとき溶接強さ  $F$  と第2次通電時間  $t_2$  との関係を液温をパラメーターにとって示したものである。液温が  $40^\circ\text{C}$  以下では全く溶接されないが  $50^\circ\text{C}$  以上では液温が高いほど時間的に早く溶接される傾向にある。

また, 最高溶接強さも液温が高いほどやや小さくなる。液温のいかにかわらず放電状態において陰極周囲の電解液の温度は沸とう点付近まで上っているはずである。しかるにこのように液温による差ができるのは, 陰極からの熱影響をあまりうけないところの電解液の抵抗は液温が低いほど大きく, 電解液中での電

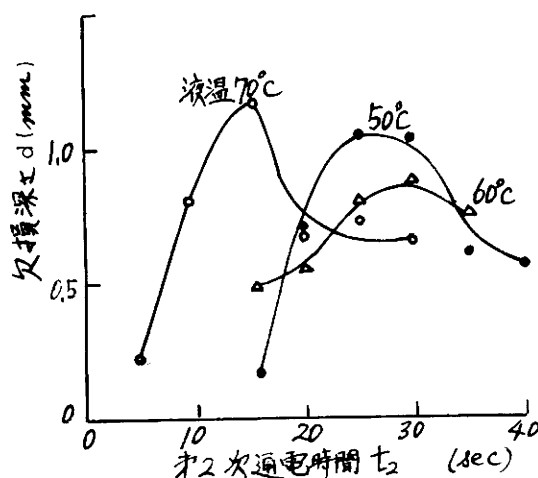


図-24 液温が欠損深さにおよぼす影響  
 $\text{Na}_2\text{CO}_3$  10% 溶液,  
 $V_1 = 240\text{V}$ ,  $V_2 = 210\text{V}$ ,  $t_1 = 5\text{sec}$

圧降下が大きくなってアーク放電間の電位差が減ること、液温が低いほど電圧印加後気膜のできるまでの時間が長くなり、有効な第1次通电時間が減ることによって考えられる。低いほど気膜のできるまでの時間が長くなる理由としては、陰極周囲の液が気膜形成に適当な温度まで上昇するのに時間がかかることによるのであろう。

図-24は同じ実験から欠損深さ  $d$  と第2次通电時間  $t_2$  の関係を液温をパラメーターとして示したものである。液温が高いほど早くから欠損し始めるが各曲線の最大値は液温  $60^\circ\text{C}$  のものが最も小さい。

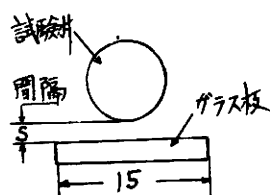


図-25 絶縁物取付け方法

以上のことから溶接強さも相当大きく欠損量の少なくなる条件としては、電解液液温  $60^\circ\text{C}$  が最適であると判断できる。

#### 4 溶接部の溶融欠損の防止法

すでに述べたように電解加熱による溶接法では試片の上部と下部の加熱速度のちがいからときには著しい欠損を生じて、金属的結合が充分であっても全体

の引張強さを減じたり正確な形状を期待できぬことがある。しかし、これは試片上部と下部の加熱速度を均一にすれば改善できるはずである。その手段としては

- 1) 試験片下方に絶縁物を入れて下部の電流密度を小にすること。
- 2) 電解液を試片上方より注入して上部の気膜を安定させること。
- 3) 浸漬深さを適当に深くすること。
- 4) 試片を回転させること。
- 5) 試片を垂直にすること。

などが考えられるが、ここでは次の2つの方法について実験した。

##### 4・1 絶縁物を用い電流密度を調整する方法

電解加熱法において曲率半径の小さいところと大きいところの加熱速度（電流密度）を均一にするため、曲率半径の小さいところに接近して絶縁物を置く方法が考えられる。この方法を著者らは溶接部上部と下部の加熱速度を均一にし欠損を防止するのに応用した。図-25のように試片の下部に絶縁物（ガラス板）を置いたとき、この間隔  $S$  と欠損量  $d$  の関係および間隔  $S$  と引張強さ  $F$  の関係を実験した結果を図-26に示す。

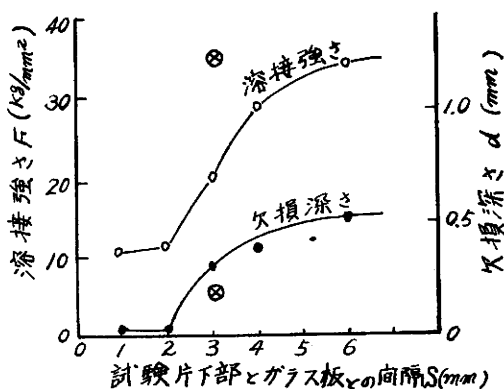


図-26  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  溶液, 液温  $60^\circ\text{C}$   
 $V_1 = 240\text{V}$ ,  $V_2 = 210\text{V}$ ,  
 $t_1 = 5\text{sec}$ ,  $t_2 = 20\text{sec}$

間隔  $S$  が  $6\text{mm}$  より大なる範囲ではほとんど、その影響は見られず約  $0.5\text{mm}$  の欠損を示すが、間隔  $S$  を小さくするとその効果が現われて欠損は改善される。しかし、引張強さ  $F$  も同時に低下しており良好な溶接は得られない。これは絶縁物は下部の加熱をおさえる働きはあるが、上部の加熱を積極的に促進させる働きはないため、この実験条件（ $\text{Na}_2\text{CO}_3$  10% 溶液、液温  $60^\circ\text{C}$ ）

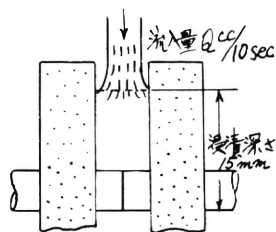


図-27 欠損改善のための電解液注入方法

C,  $V_1=240V$ ,  $t_1=5\text{ sec}$ ,  $V_2=210V$ ,  $t_2=20\text{sec}$ ,) では溶接温度に達せしめるためには不充分であり,  $V_1$ ,  $t_1$ ,  $V_2$ ,  $t_2$ , などをさらに増加させる必要がある。一例として印加電圧を上昇させて行なった場合,  $V_1=250V$ ,  $t_1=5\text{ sec}$ ,  $V_2=220V$ ,  $t_2=20\text{sec}$  にとり試片と絶縁物の間隔を  $3\text{ mm}$  としたとき欠損量は  $0.2\text{ mm}$  で比較的小さく, 引張強さ  $F$  も  $36\text{ kg/mm}^2$  で良好な結果を得た。(図-26中にⓧで示す)

#### 4・2 電解液の補給による方法

前項の絶縁物によるものは試片下部の加熱をおさえるものであるが, ここでは試片上部の加熱を促進させる方法をのべる。

試片上部の加熱が阻害されるのは上部で気層が厚くなったり時には試片が大気中に露出したりするためであるから試片浸漬深さをますか, あるいは第27図のように電解液を試片の上から補給してやることにより, これを防ぐことができる。

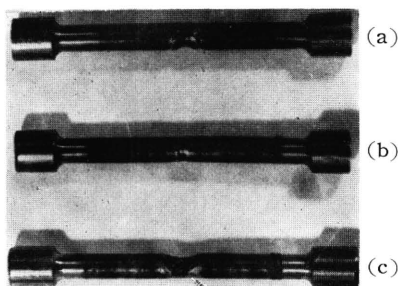


図-28 電解液の補給量と欠損の関係  
 $\text{Na}_2\text{CO}_3 10\%$  溶液, 液温  $60^\circ\text{C}$   
 $V_1=240V$ ,  $t_1=5\text{sec}$ ,  $V_2=210V$   
 $t_3=20\text{sec}$

図-28は  $\text{Na}_2\text{CO}_3 10\%$  溶液, 液温, 液温  $60^\circ\text{C}$  の電解液で  $V_1=240V$ ,  $t_1=5\text{ sec}$ ,  $V_2=210V$ ,  $t_2=20\text{sec}$  としたとき補給流量  $Q$  の変化による溶接部の形状写真であり, 図-29は流量  $Q$  と欠損深さ  $d$ , 引張強さ  $F$  の関係を示すものである。流量  $Q$  が比較的小さい ( $Q=15.5\text{cc/sec}$ ) ときは図-28(a)のように試片下部

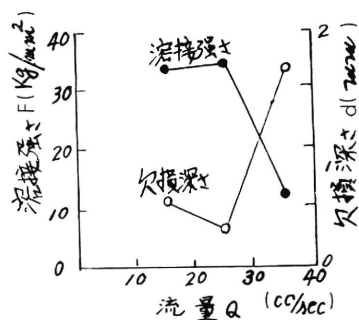


図-29 流量と欠損深さ, 引張強さとの関係

の欠損は改善されることはなく効果はない。また, 流量  $Q$  が多すぎる ( $Q=36\text{cc/sec}$ ) ときには反対に試片下部の気膜が不安定になって加熱が阻害されかえって図-28(c)のように上部が欠損する。適当な補給量 ( $Q=25\text{cc/sec}$ ) では図-28(b)のように欠損深さは減少し, 強さも増して均一加熱は十分行なわれるようになる。

#### 5 電解溶接法による溶接部の焼鈍効果について

電解加熱による溶接法では被溶接体自身が加熱機構の一要素であり, その温度調整は印加電圧と通電時間を変えることにより容易に行ないうる。この特徴を利用すれば溶接部の熱処理は溶接直後に簡単に行なうことができる。一般の溶接において高温のため溶接部の金属粒子が粗大化し, こはを正常化するためには, 別個の熱処理を必要とするが, 本法においては溶接直後に簡単にこの熱処理をすることが可能である。

実験は素材の加工硬化の影響を除くため試片を電気炉にて焼鈍したのち  $\text{Na}_2\text{CO}_3 10\%$  溶液, 液温  $60^\circ\text{C}$  の電解液を用い  $V_1=240V$ ,  $t_1=5\text{ sec}$ ,  $V_2=210V$ ,  $t_2=20\text{sec}$  なる条件で溶接したものについてビッカース硬度で硬度分布を表わすと図-30(a)のごとくである。試片中央の溶接部で硬度が上昇しているのは電解溶接後電流を遮断するため電解液で焼入れせられるためである。また, 同じ条件で溶接した後  $190V$  で  $30\text{ sec}$  通電し, さらに  $140V$  まで  $130\text{ sec}$  間かけて徐々に印加電圧を減少させたものの硬度分布は図-30(b)のごとくであり, 硬度はほぼ一様になって完全に炉中焼鈍したものの(c)の曲線に近づく。

また, この試片の溶接部と素材の金属組織を対比してみると図-31に示すように, この試片は粒子の粗大化も少ないことがわかる。すなわち, 試片を  $A_3$  変態点付近の温度で適当時間保ち, その後  $A_1$  変態点を通過するまで徐々に冷却したものである。これは通常の焼



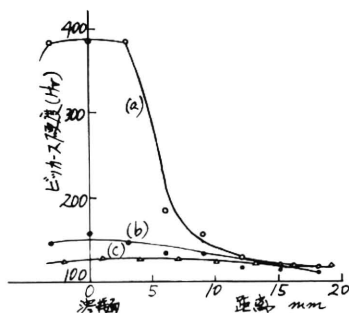
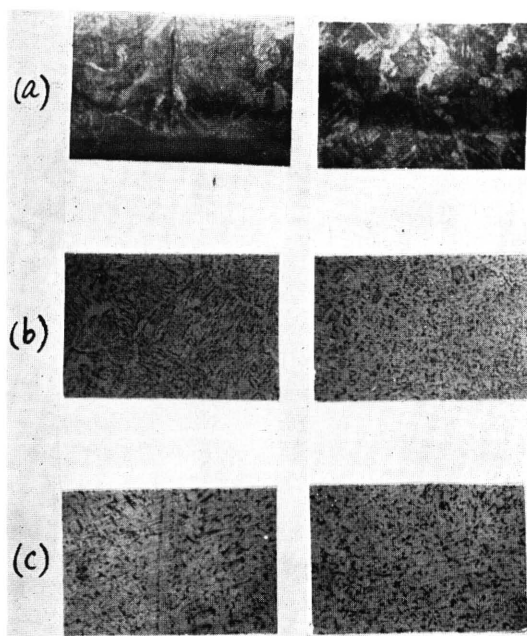


図-30 硬度分布

- (a) 実験条件電解液濃度10%, 温度60°C  
 $V_1=240V$ ,  $V_2=210V$ ,  $t_1=5\text{sec}$ ,  $t_2=20\text{sec}$   
 のもとで溶接ののち, 電流を遮断して急冷したもの。
- (b) 同条件で溶接の後190Vで30sec通電し, さらに140Vまで130sec間かけて徐々に印加電圧を減少させたもの。
- (c) 同条件で溶接ののち, 電気がにて880°Cより徐冷したもの。



溶接面中央

中央より5%の距離

図-31 図-30の顕微鏡写真

鈍作用の理論とかわるところはない。

以上のように本溶接法では溶接部の焼鈍(粒子の微細化処理)を溶接操作の直後に簡単に行なうことができる特徴がある。

## 6 結 言

$\text{Na}_2\text{CO}_3$  10%溶液を用い, 直流による電解加熱法によって鋼材を溶接する場合の最適条件を決定した。その結果,

- 1) 2段階の電解加熱法を利用するのが有利であること。
- 2) 第1次通電としては

$$V_1=240V, \quad t_1=5\text{ sec},$$

第2次通電として

$$V_2=210V, \quad t_2=20\text{ sec},$$

の組合せが最適条件であることを知った。

- 3) 溶接部の欠損を防止する方法については, 絶縁物を用いて下部欠損を防止する方法, 電解液の補給方法を玉夫し上部の加熱を促進して結果的に欠損防止する方法等について実験し, ある程度目的を達した。
- 4) 電解溶接法では溶接後の電流の調整により過熱による粒子の荒れを回復させることが容易にできることを実験的に証明した。これは電解溶接法の一つの特徴である。
- 5) なお, 本法は他の溶接法に比して無酸化加熱ができること, 比較的加熱効率のよいことなどの特徴を有するものといえる。

文 献

松岡・藤田・福本: 福井大工 報 14(1965)

(昭和41年3月31日受理)